



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift
⑩ DE 195 03 749 C 1

⑤ Int. Cl.⁶:
B 60 L 3/04
B 60 L 11/18
H 02 H 3/16
B 60 R 16/02
G 01 R 27/18

②1 Aktenzeichen: 195 03 749.9-32
②2 Anmeldetag: 4. 2. 95
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 4. 96

DE 195 03 749 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,
DE

⑦2 Erfinder:

Sonntag, Josef, Dipl.-Ing., 89257 Illertissen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 33 39 890 C2
DE-PS 6 88 497
DD 1 21 858
CH 6 13 313 A5

Horch-Entwurf zu DIN VDE 0100, Teil 410 A3,
Abschnitt U13, Juni 1989;

⑤4 Fahrzeug mit einem brennstoffzellen- oder batteriegespeisten Energieversorgungsnetz

⑤7 Es ist bekannt, eine Leitung des Laststromkreises eines Elektrofahrzeuges auf Fahrzeugkarosseriepotehtial zu legen. Dies kann zu Berührspannungsgefahren und Korrosionsproblemen aufgrund von Brennstoffzellen- oder Batterieleckströmen führen. Stationäre Energieversorgungsnetze können als IT-Netz realisiert sein, bei dem die elektrischen Verbraucher untereinander zum Schutz vor hohen Berührungsspannungen mit einem gemeinsamen Schutzleiter verbunden sind. Die Isolation der Laststromleitungen kann beispielsweise mittels einer Brückenschaltung überwacht werden, welche bei einer Unsymmetrie der Isolationswiderstände anspricht.

Es wird vorgeschlagen, das brennstoffzellen- oder batteriegespeiste Energieversorgungsnetz eines Fahrzeuges als IT-Netz auszuführen, bei dem die mit dem Laststromkreis verknüpften Verbraucher niederohmig mit der Fahrzeugkarosserie elektrisch verbunden sind. Bevorzugt ist zusätzlich eine aus einer Meßbrückenabgleichstufe und einer meßsignalaufbereitenden Trennverstärkerstufe bestehende Isolationsüberwachungseinrichtung zwischen den Laststromkreis und die Fahrzeugkarosserie eingeschleift.
Verwendung z. B. für Elektrofahrzeuge.

DE 195 03 749 C 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Fahrzeug mit einem brennstoffzellen- oder batteriegespeisten Energieversorgungsnetz, wie z. B. ein Elektrofahrzeug mit brennstoffzellengespeistem bzw. batteriegespeistem Elektroantrieb.

Ein derartiges Fahrzeug ist beispielsweise in der Patentschrift DE 33 39 890 C2 offenbart. Bei dem daraus bekannten Energieversorgungsnetz ist ein Anschluß der Batterie ebenso wie jeweils ein Anschluß der von der Batterie gespeisten stromverbrauchenden Anlageanteile und folglich eine der beiden Laststromkreisleitungen auf das Potential der Fahrzeugkarosserie gelegt.

Beim Auftreten von Gleichspannungen, die eine maximale Berührungsspannung von 120 V überschreiten, muß in solchen Netzen gemäß einer VDE-Vorschrift ein Schutz gegen indirektes Berühren bereitgestellt werden. Bei brennstoffzellen- oder batteriegetriebenen Kraftfahrzeugen besteht außerdem eine erhöhte Gefahr von Isolationsfehlern durch die mechanische Belastung in Form von Vibrationen. In Batterie- oder Brennstoffzellensystemen, z. B. aus PEM-Brennstoffzellen, können aufgrund der Gas- und Fluidkreisläufe elektrische Leckströme auftreten, die gefährliche Berührungsspannungen zwischen verschiedenen Betriebsmitteln hervorrufen und zudem zu Korrosionserscheinungen führen können. Zudem besteht die Gefahr, daß auftretende Lichtbögen als Zündquelle dienen. Wegen den anlagenbedingten Leckströmen können Fehlerstrom(FI)- oder Fehlerspannungs(FU)-Schutzschalter als Berührungsspannungsschutz nicht eingesetzt werden. Bei Brennstoffzellensystemen, die in stationären Anlagen im Einsatz sind, können die entsprechenden Anlageanteile direkt mit Erde elektrisch verbunden werden. Dies ist für nichtstationäre, mobile Systeme, wie Fahrzeuge, nicht in dieser Weise möglich, so daß hier der Bedarf nach einer anderen Schutzmaßnahme besteht.

Als eine Möglichkeit der Auslegung eines begrenzten Energieversorgungsnetzes mit eigenem Transformator oder Generator ist das sogenannte IT-Netz bekannt, siehe Norm-Entwurf zu DIN VDE 0100, Teil 410 A3, Abschnitt 413, Juni 1989. Beim IT-Netz wird eine zu hohe Berührungsspannung dadurch verhindert, daß alle zu schützenden Verbraucher untereinander mit einem Erdungsschutzleiter verbunden werden, gegenüber dem der Laststromkreis isoliert ist. Der Isolationswiderstand des Laststromkreises wird herkömmlicherweise durch ein Isolationsüberwachungsgerät laufend kontrolliert.

Aus der Patentschrift DD 1 21 858 ist beispielsweise eine Erdschlußüberwachung für isoliert betriebene Gleichstromnetze bekannt, bei der über einen Spannungsteiler ein Netzpunkt mit Erdpotential geschaffen und dieser über einen Widerstand mit Erdpotential verbunden wird. Bei einer Anordnung, wie sie in der Patentschrift DE-PS 6 88 497 beschrieben ist, wird zur Überwachung des Isolationswiderstandes an einem Gleichspannungsnetz für Oberleitungsbusse ein Relais verwendet, von dem je eine von zwei gegeneinander geschalteten Erregerspulen zwischen einen der beiden Stromabnehmer und die Fahrzeugmasse eingeschleift ist. Aus der Patentschrift CH 613 313 A5 ist eine Einrichtung zur Isolationsüberwachung eines nicht getrennten Gleichstromnetzes mit einer zwischen den Netzleitern liegenden Brückenschaltung bekannt, bei welcher der eine Brückenarm aus Hilfswiderständen und der andere Brückenarm aus den Isolationswider-

ständen der Netzleiter gegen Erde gebildet ist. Eine die Unsymmetrie der Isolationswiderstände erfassende Überwachungsschaltung beinhaltet ein Koppelglied zur nichtgalvanischen Signalübertragung, dessen Eingangselement ein von der genannten elektrischen Unsymmetrie abhängiges Signal abgibt, das von einem Ausgangselement erfaßt und in ein elektrisches Erkennungssignal umgesetzt wird.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Fahrzeugs mit einem brennstoffzellen- oder batteriegespeisten Energieversorgungsnetz zugrunde, das gegen hohe Berührungsspannungen und die Brandsicherheit gefährdende Zündquellen Betriebssicherheit gewährleistet und gegen übermäßige Korrosion geschützt ist.

Dieses Problem wird durch ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hierzu ist der Laststromkreis des brennstoffzellen- oder batteriegespeisten Energieversorgungsnetzes nach Art eines IT-Netzes ausgeführt, bei dem die eine Laststromkreisleitung über und die andere unter dem Potential der Fahrzeugkarosserie liegt und bei dem die mit dem Laststromkreis verknüpften Fahrzeugkomponenten niederohmig, z. B. mit einem Widerstandswert von kleiner als 1Ω , mit der Fahrzeugkarosserie elektrisch verbunden sind.

Eine Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 2 bietet in einer vorteilhaften Weise die Möglichkeit zur Überwachung des Isolationswiderstandes zwischen den Laststromkreisleitungen und der Fahrzeugkarosserie mittels einer Meßbrückenabgleichstufe und einer deren Meßsignal aufbereitenden Trennverstärkerstufe. Diese Anordnung kommt folglich mit einer einzigen Meßbrückenabgleichstufe und einem einzigen Trennverstärker zur Isolationsüberwachung beider Laststromkreisleitungen aus. In Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 3 ist vorgesehen, den Laststromkreis so ausreichend hochohmig mit der Fahrzeugkarosserie zu verbinden, daß einerseits das Auftreten zu hoher Ableitströme und andererseits ein ungewolltes Ansprechen der Isolationsüberwachung bei unterhalb eines vorgegebenen Schwellenwertes liegenden Brennstoffzellen- oder Batterieleckströmen verhindert wird.

In einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 4 besitzt die Isolationsüberwachungseinrichtung einen oder mehrere Trimpotentiometer, um die der Meßbrückenabgleichstufe zugeführten Laststromkreissspannungen bezüglich des Fahrzeugkarosseriepotentials symmetrieren und/oder den Meßbereich der Meßbrückenabgleichstufe an vorgebbare Alarmgrenzen bzw. den Trennverstärkermeßbereich anpassen zu können.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 einen Schaltplan eines brennstoffzellengespeisten Energieversorgungsnetzes eines Elektrofahrzeuges und

Fig. 2 ein detailliertes Schaltbild einer in dem brennstoffzellengespeisten Energieversorgungsnetz von Fig. 1 vorgesehenen Isolationsüberwachungseinrichtung.

Das in Fig. 1 schaltplanmäßig dargestellte, brennstoffzellengespeiste Energieversorgungsnetz eines Elektrofahrzeuges gliedert sich in einen Stromerzeugungssystemteil (1) und einen Fahrzeugverbraucherteil (2). Als elektrische Energiequelle enthält das Stromerzeugungssystem (1) einen Brennstoffzellenstapel (3) aus zwei parallelen Reihen von je sechs PEM-Brennstoffzellen (G1 bis G12). Die positiven Ausgänge der beiden

Brennstoffzellenreihen sind über Sicherungen und ein Schaltelement (K1) zu einem positiven Versorgungs-
spannungsanschluß geführt, von dem die positive Lei-
tung (L^+) des Laststromkreises für das Elektrofahrzeug
abgeht. Analog sind die negativen Ausgänge der beiden
Brennstoffzellenreihen über Sicherungen (F1) und
Strommeßeinrichtungen (P1, P2) gemeinsam zu einem
negativen Spannungsversorgungsanschluß geführt, von
dem die negative Leitung (L^-) des Laststromkreises
abgeht. Bevorzugt wird eine zweipolige Trennung
durch das Schaltelement (K1).

Der Laststromkreis ist hierbei als IT-Netz verschaltet,
d. h. alle stromverbrauchenden Anlagenteile werden
über die beiden Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-) ge-
speist, die mit der Fahrzeugkarosserie hochohmig durch
eine Isolationsüberwachung (6) verbunden sind, wäh-
rend als Schutzmaßnahme vor zu hoher Berührungss-
pannung alle zu schützenden Anlagenteile unterein-
ander niederohmig mit einem Restwiderstand kleiner als 1
 Ω mit der Fahrzeugkarosserie verbunden sind. Die Kar-
rosserie ist in Fig. 1 deshalb durch das Erdungszeichen
(4) symbolisiert. Das IT-Netz ist potentialmäßig symme-
trisch zum Karosseriepotential ausgelegt, d. h. die Span-
nung ($-120V$) auf der negativen Laststromkreisleitung
(L^-) entspricht dem negativen Wert der Spannung
($+120V$) auf der positiven Laststromkreisleitung (L^+),
wobei ohne Beschränkung der Allgemeinheit das Kar-
rosseriepotential mit 0 V angenommen wird. Diese Last-
stromkreissymmetrierung hat den Vorteil, daß bei ei-
nem Schadensfall, z. B. im Brennstoffzellenstapel (3), der
einen Leckstromfluß zwischen einer Laststromkreislei-
tung (L^+ oder L^-) zur Karosserie (4) und zurück über
den hochohmigen Widerstand der Isolationsüberwa-
chung (6) verursacht, dieser Leckstrom bei einer Span-
nungsdifferenz von 240 V und einem Isolationswider-
stand deutlich über 10 k Ω sehr gering ist. Würde hinge-
gen eine Laststromkreisleitung auf Karosseriepotential
gelegt, so könnte im Schadensfall von der anderen Last-
stromkreisleitung zur Karosserie ein Kurzschlußstrom
entsprechend einer Spannungsdifferenz von 240 V und
einen Widerstand nahe 0 Ω entstehen. Da Leckströme
häufig Korrosionen verursachen, lassen sich letztere
durch die bevorzugt gewählte Laststromkreissymme-
trierung kleiner halten als im unsymmetrischen Fall, und
zwar durch die halbierte Spannungsdifferenz von 120 V
statt 240 V bei einseitiger Erdung und die hochohmige
Isolationsüberwachung zwischen Laststromkreis und
Chassis, was bei einseitiger Erdung nicht möglich ist.

Vom Laststromkreis werden noch innerhalb des
Stromerzeugungssystems Hilfsantriebe (M1) unter Zwi-
schenschaltung jeweiliger Sicherungen (F2) und DC/
AC-Wandler mit Dreiphasenwechselstrom elektrisch
versorgt. Diese Hilfsantriebe (M1) werden für den
Brennstoffzellenfluidkreislauf benötigt. In gleicher Wei-
se speist der Gleichstrom-Laststromkreis mit den
Brennstoffzellen (G1 bis G12) als elektrische Energie-
quellen über Vorsicherungen (F4, F5) im Fahrzeugver-
braucherteil (2) angeordnete Hilfsantriebe (M2) und den
Fahrmotor (M3) des Elektrofahrzeuges mit vorgeschal-
tetem DC/AC-Wandler (U1) mit Dreiphasenwechsel-
strom.

Das als IT-Netz ausgelegte, brennstoffzellengespeiste
Energieversorgungsnetz ist des weiteren mit einer Iso-
lationsüberwachungseinrichtung (6) im Stromerzeu-
gungssystemteil (1) ausgestattet. Diese Einrichtung (6)
bildet eine ausreichend hochohmige Verbindung der
beiden Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-) gegen das
Fahrzeugkarosseriepotential (4), vorzugsweise mit ei-

nem Widerstandswert größer als 10 k Ω , wobei die
Überwachungseinrichtung (6) über Vorsicherungen (F3)
an die Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-) angeschlossen
ist. Der v n der Isolationsüberwachungseinrichtung (6)
bereitgestellte und überwachte Isolationswiderstand
der Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-) gegenüber dem
Fahrzeugchassis (4) ist ausreichend hochohmig ausge-
führt, um einerseits ein Ansprechen der Isolationsüber-
wachung bei kleinen Brennstoffzellenleckströmen un-
terhalb eines vorgebbaren Schwellenwertes von ca.
1 mA bis 5 mA zu vermeiden und andererseits sicherzu-
stellen, daß der im Fehlerfall eventuell auftretende Ab-
bleitstrom multipliziert mit dem Erdungswiderstand aller
mit dem Chassis verbundenen Anlagenteile kleiner ist
als die maximal zulässige Berührungsspannung von 120
V. Bevorzugt wird ein maximaler Ableitstrom unter
100 mA.

In Fig. 2 ist der genaue Aufbau der Einrichtung (6) zur
Isolationswiderstandsüberwachung schaltungstechnisch
im Detail dargestellt. Sie besteht aus einer Meßbrücken-
abgleichstufe (7) und einer nachgeschalteten, meßsigna-
laufbereitenden Trennverstärkerstufe (8). Der Meß-
brückenabgleichstufe (7) sind die beiden Laststrom-
kreisleitungen (L^+ , L^-), die im Normalfall auf $+120V$
beziehungsweise $-120V$ liegen, sowie das 0V-Karosse-
riepotential eingangsseitig zugeführt. Zwischen den
Laststromkreispotentialen liegen eingangsseitig ein er-
ster Spannungsteiler mit zwei gleich großen Widerstän-
den (R3, R4) von z. B. je 10 k Ω sowie ein zweiter, aus
zwei gleich großen und gegenüber denjenigen des er-
sten Spannungsteilers höherohmigen Widerständen
(R1, R2) sowie einem dazwischenliegenden Trimm-
potentiometer (P1) bestehender Spannungsteiler. Der Ab-
griff des Trimpotentiometers (P1) ist ebenso wie der
Mittelpunkt des ersten Spannungsteilers an das Karos-
seriepotential angeschlossen. Durch das Trimpoten-
tiometer (P1) läßt sich aufgrund dieser Verschaltung die
Symmetrierung der Systemspannung exakt aufrecht er-
halten bzw. wiederherstellen. Zwischen den Mittelpunkt
eines dritten, zu den ersten beiden parallel zwischen den
Laststromkreispotentialen ($+120V$, $-120V$) liegenden
Spannungsteilers mit z. B. denjenigen (R1, R2) des zwei-
ten Spannungsteilers entsprechenden Widerständen
(R5, R6) und den Mittelpunkt des ersten Spannungstei-
lers ist eine Meßbrücke in Form einer Serienschaltung
aus einem ersten, niederohmigeren Widerstand (R8),
z. B. 4,7 k Ω , einem zweiten Trimpotentiometer (P2)
und einem höherohmigeren Widerstand (R7), z. B. 33
k Ω , eingeschleift.

Zwischen dem Mittelabgriff des zweiten Trimm-
potentiometers (P2) und dem zum höherohmigeren Wider-
stand (R7) gelegenen Potentiometeranschluß wird die
Ausgangsspannung (U_a) der Meßbrückenabgleichstufe
(7) abgegriffen, welche Abweichungen von der Span-
nungssymmetrierung und damit mögliche Isolationswi-
derstandsveränderungen anzeigt. Diese Ausgangsspan-
nung (U_a) wird der Trennverstärkerstufe (8) zugeführt,
wobei ein Anschluß direkt auf den invertierenden Ein-
gang eines Trennverstärkers (10) gegeben wird, wäh-
rend der andere Eingangszweig über einen Widerstand
(R9) an den nichtinvertierenden Eingang eines durch
Rückkopplung seines Ausgangssignals an den invertie-
renden Eingang als Impedanzwandler geschalteten
Operationsverstärkers (9) geführt ist. Der Impedanz-
wandlerausgang ist zum nichtinvertierenden Trennver-
stärkereingang geführt. Am Ausgang des Trennverstär-
kers (10) steht dann das der Isolationswiderstandsüber-
wachung dienende Ausgangsspannungssignal (U_{av}) an.

Der Impedanzwandler-Operativverstärker (9) stellt einen hoch ohmigen Eingang für den Trennverstärker (10) bereit und verhindert dadurch eine zu starke Belastung der Meßbrücke (R8, P2, R7). Über eine entsprechende Einstellung des zweiten Trimpmpotentiometers (P2) läßt sich die dort abfallende Spannung (U_a) jeweils so einstellen, daß sie durch die Trennverstärkerstufe (8) auf den Ausgangssignalbereich des Trennverstärkers (10), der z. B. durch den Bereich zwischen 0 V und 10 V gebildet ist, abgebildet wird.

Solange kein Schadensfall vorliegt, fällt über der Meßbrücke (R8, P2, R7) ersichtlich keine Spannung ab, da beide Eingangsknoten auf 0 V liegen. Sobald ein Schadensfall eintritt, der die beiden Laststromkreisspannungen gegenüber dem Nullpotential unsymmetrisch macht, fällt an der Meßbrücke (R8, P2, R7) eine Spannung ungleich null ab, so daß der Schadensfall detektierbar ist. Tritt beispielsweise ein Kurzschluß zwischen der positiven Laststromkreisleitung (L^+) und Masse auf, so fällt über der Meßbrücke (R8, P2, R7) dieselbe Spannung von 120 V ab wie über dem Widerstand (R5), während über dem Widerstand (R3) keine Spannung abfällt. Über das Meßbrückenpotentiometer (P2) und die Trennverstärkerstufe (8) wird die geänderte Meßbrückenspannung in eine entsprechend geänderte, detektierbare Ausgangssignalspannung der Trennverstärkerstufe (8) umgewandelt. Funktionell analoge Verhältnisse ergeben sich für die anderen, in Betracht kommenden Schadensfälle.

Erkennbar benötigt die Einrichtung (6) zur Überwachung des Isolationswiderstandes, die nach dem Prinzip einer abgeglichenen Meßbrücke funktioniert, nur eine einzige meßsignalaufbereitende Trennverstärkerstufe (8) für beide Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-). In nicht näher gezeigter Weise können in einem Kraftfahrzeug-Steuergerät durch Vorgabe entsprechender Spannungsschwellenwerte eine oder mehrere Alarmstufen eingestellt werden. Beispielsweise kann bei einer ersten, niedrigeren Abweichung die Auslösung eines Voralarms durch ein optisches und/oder akustisches Warnsignal und bei Auftreten einer größeren Abweichung dann die Auslösung eines Hauptalarms erfolgen, bei dem eine Systemabschaltung stattfindet.

Das beschriebene Energieversorgungsnetz bietet folglich durch Realisierung als IT-Netz mit Isolationsüberwachung einen zuverlässigen Schutz vor zu hohen Berührungsspannungen und Berührungsströmen und wirkt somit dem Auftreten übermäßiger Korrosion durch Brennstoffzellenleckströme entgegen. Weitere Vorteile sind die Brandsicherheit und die Betriebssicherheit. Es versteht sich, daß ein erfindungsgemäßes Energieversorgungsnetz in analoger Weise auch für andere Fahrzeugtypen als Elektrofahrzeuge verwendbar ist, bei denen die Speisung eines solchen Netzes durch Brennstoffzellen bzw. durch andere Batterietypen vorgesehen ist.

Patentansprüche

1. Fahrzeug mit einem brennstoffzellen- oder batteriegespeisten Energieversorgungsnetz, dadurch gekennzeichnet, daß

— der Laststromkreis nach Art eines IT-Netzes ausgelegt ist, wobei die eine (L^+) der beiden, die angeschlossenen stromverbrauchenden Anlagenteile speisenden Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-) auf ein Potential oberhalb und die andere (L^-) auf ein Potential unter-

halb des Potentials der Fahrzeugkarosserie (4) gelegt ist und wobei die Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-) mit der Fahrzeugkarosserie (4) hochohmig verbunden sind, und daß
— die an den Laststromkreis angeschlossenen, stromverbrauchenden Anlagenteile niederohmig mit der Fahrzeugkarosserie (4) elektrisch verbunden sind.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, weiter gekennzeichnet durch eine Einrichtung (6) zur Überwachung des Isolationswiderstandes zwischen dem Laststromkreis und der Fahrzeugkarosserie (4), wobei die Einrichtung eine Meßbrückenabgleichstufe (7) und eine meßsignalaufbereitende Trennverstärkerstufe (8) beinhaltet.

3. Fahrzeug nach Anspruch 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Laststromkreis dergestalt hochohmig mit der Fahrzeugkarosserie (4) elektrisch verbunden ist, daß einerseits keine Ableitströme größer als 100 mA entstehen und andererseits die Einrichtung (6) zur Überwachung des Isolationswiderstandes bei Brennstoffzellen- oder Batterieleckströmen unterhalb eines zwischen 1 mA und 5 mA liegenden Schwellenwertes noch nicht anspricht.

4. Fahrzeug nach Anspruch 2 oder 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Meßbrückenabgleichstufe (7) einen oder mehrere Trimpmpotentiometer (P1, P2) zur Symmetrierung der zugeführten Spannungen der Laststromkreisleitungen (L^+ , L^-) bezüglich des Fahrzeugkarosseriepentials (4) und/oder zur Ausgangssignalanpassung an den Meßbereich der Trennverstärkerstufe (8) mit vorgebbaren Alarmgrenzen aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

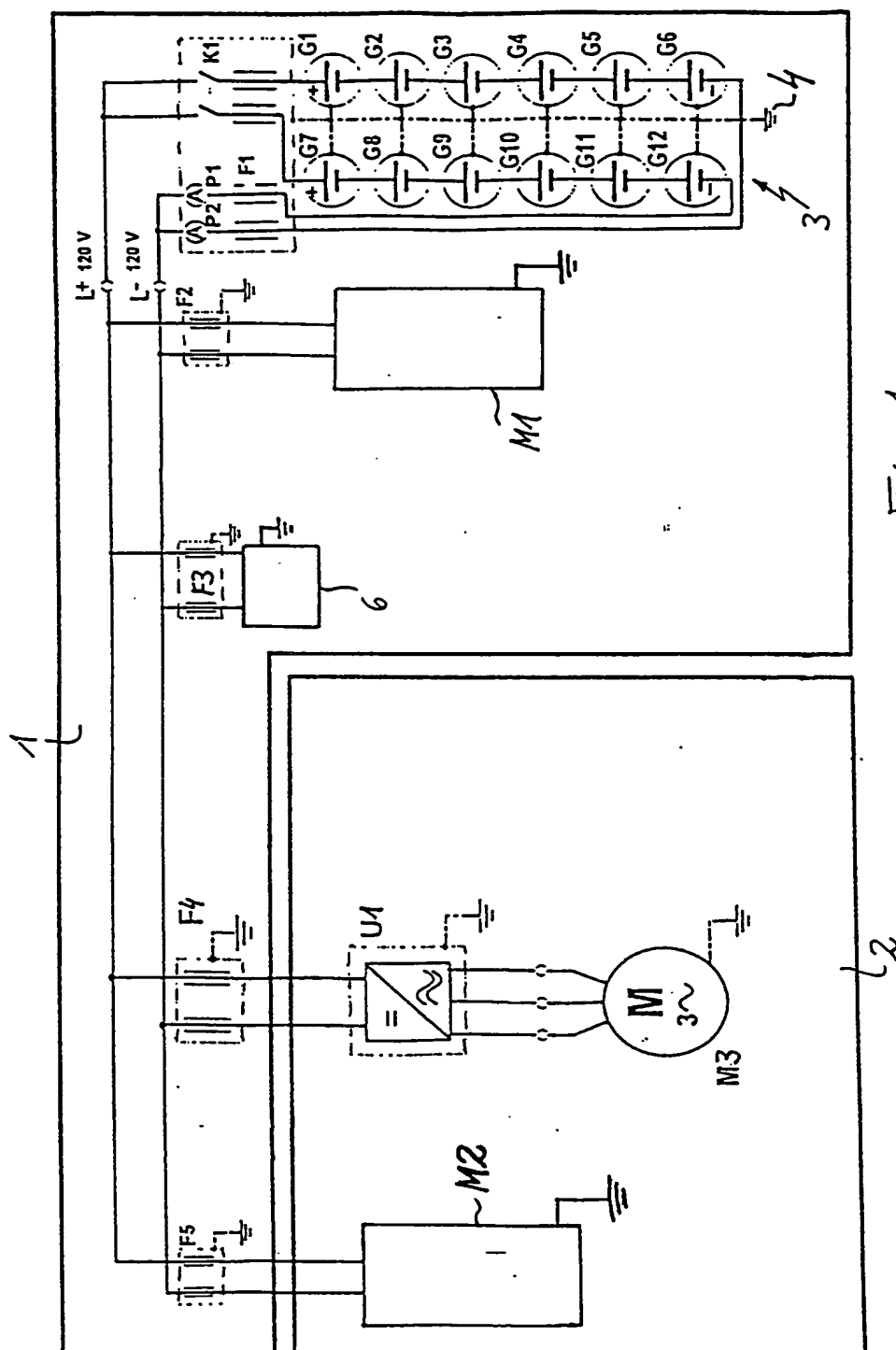


Fig. 1

Fig. 2

